

Trafikkontoret i Stockholms stad

Sammanfattning av rapporten "Miljöbelastning av tippsnö i Stockholm - Provtagning och föroreningsanalys av snöprov samt uppskattning av föroreningsbelastning i recipienterna i samband med sjötippning av snö i Stockholms stad vintern 2005/2006"

Johanna Leback
Melissa Goicoechea Feldtmann
Peter Holmqvist
Erika Börjesson
Anna Yman

Stockholm 2006-10-23

Uppdragsnummer 1154896000

1 Inledning

SWECO VIAK har på uppdrag av Trafikkontoret, Stockholms stad, utfört provtagning av snö från Stockholms gator respektive snö som tippats vid stadens sjötippor under vintersäsongen 2005/2006. Snöproverna har sedan analyserats på laboratorium och resultaten sammanställts och utvärderats. Genomförande och resultat av uppdraget redovisas i rapporten "Miljöbelastning av tippsnö i Stockholm, SWECO VIAK, 2006-10-22". Föreliggande PM utgör en sammanfattning av SWECO VIAKs rapport från 2006.

1.1 Bakgrund

Vid kraftiga snöfall med liten avsmältning uppstår snabbt utrymmesbrist på gatorna i Stockholms stad och framkomligheten för såväl trafik som gångtrafikanter minskar. Periodvis transporteras därför snö bort från gatorna som ett komplement till plogning. Merparten av den snö som transporteras bort från innerstaden tippas vid någon av stadens fyra sjötippor vid Norr Mälarstrand, Stadsgården, Blaiseholmen eller Värtahamnen.

1.2 Syfte

Syftet med uppdraget har varit att systematiskt provta delar av den snö som tippades vid stadens sjötippor under vintern 2005/2006. Snön har sedan analyserats för att undersöka dess eventuella föroreningsinnehåll och analysresultaten har sammanställts och utvärderats. Analysresultaten har därefter jämförts med miljö kvalitetsnormer samt nationella och internationella jämförelsekriterier för att få en uppskattning snöprovernas miljöpåverkan och föroreningsgrad. Slutligen har en grov uppskattning av vilken totalbelastning föroreningarna i snön kan utgöra i respektive recipient vid sjötipporna utförts.

2 Utförda undersökningar 2005/2006

2.1 Snöprovtagning

Inom ramen för detta uppdrag utfördes snöprovtagning i fyra provtagningsomgångar under vintern 2005/2006. Provtagningen delades upp på olika tillfällen utifrån antagandet om att eventuellt föroreningsinnehåll i snön kan skilja sig åt vid olika tillfällen under vintern. Provtagning utfördes således vid flertalet tillfällen för att erhålla ett "föroreningsmedelvärde" i den snö som tippades vid sjötipparna under vintern 2005/2006.

Vid snöprovtagningen eftersträvades att utta prover från samtliga tipplatser respektive gatukoder. Proverna uttogs som samlingsprov per lastbilslass, från ihopskrapade snöhögar direkt på gator (före lastning), eller i enstaka fall direkt från snövallarna.

Proverna uttogs med ett cylinderformat plaströr och tömdes sedan ned i hinkar som placerades i svalt utrymme för att smälta.

2.2 Nollprov

Ett snöprov uttogs som "nollprov", vilket skulle representera en eventuell diffus bakgrundsbelastning i innerstaden. Nollprovet uttogs som ett samlingsprov från ca en vecka gammal, "orörd" snö från en yta om ca 100 m² i Rålambshovsparken, på Kungsholmen i centrala Stockholm.

2.3 Provberedning

2.3.1 Snöprov

Efter att snöproverna hade smält (dessa kallas snövattenprov i efterföljande text), skakades hinkarna för att få de fasta partiklarna i smältvattnet i suspension. Efter att provet omskakats sjönk de grövre partiklarna omedelbart till botten, medan det finpartikulära materialet (huvudsakligen partiklar < 0,2 mm)¹ ingick i suspension. De grövre fraktionerna uteslöts därmed ur snövattenanalyserna.

¹ Antagande baserat på beräkningar gällande sedimentationshastighet för partiklar, där partiklar >0,2 mm sedimenterar inom ca 10 sekunder (Källa: <http://www.filtration-and-separation.com/settling/sediment.asp>)

Snövattenprovet, inklusive finpartikulär suspension (huvudsakligen partiklar < 0,2 mm), hälldes därefter över på flaskor för analys av främst metaller, PAH, alifater/aromater/BTEX, suspensionshalt och turbiditet.

I samband med hanteringen av snöproverna konstaterades att densiteten för snön var förhållandevis likartad mellan de olika proven. Volymen av ett smält snövattenprov motsvarade ca 60–70% av det ursprungliga snöprovets volym.

Vid okulära bedömningar av snöproverna bedömdes snöproven i genomsnitt bestå av ca 95 volym-% vatten respektive ca 5 volym-% fast material. Av det fasta materialet bedömdes mer än 4/5-delar av volymen bestå av grövre fraktioner (grus och sand dvs > 0,2 mm) samt mindre än 1/5 av volymen bestå av finpartikulärt material (silt, lera och finpartikulärt organiskt material dvs < 0,2 mm). Det är en grov uppskattning av provens sammansättning. Mätning eller vägning utfördes ej.

2.3.2 Sedimentprov

För att kunna göra en grov uppskattning av den föroreningsmängd som tillförs recipienten via det fasta materialet i snöproverna uttogs fyra samlingsprov på fast material, ”sedimentprov”.

Totalt hanterades någonstans mellan 600 - 700 liter smältvatten i detta projekt. I genomsnitt åtgick ungefär halva volymen av respektive snövattenprov till laboratorieanalyser. Resterande del av snövattenproverna (grumligt smältvatten med en huvudsaklig partikelstorlek < 0,2 mm) från varje provhink samlades i stora uppsamlingskärl till fyra samlingsprov från samtliga snövattenprover. De totalt fyra samlingsproverna fick stå och sedimentera i förslutna kärl i ett mörkt kylrum vid 4°C, under hela provtagningsperioden. Smältvattnet dekanterades sedan successivt av i omgångar och till sist tömdes det sista vattnet av med hävert till dess att endast ”sedimentet” återstod och sedimentprov kunde uttas. Fyra sedimentprov uttogs, ett från varje samlingsprov motsvarande ett samlings sedimentprov från respektive tippplats.

2.4 Analyser

Prover uttogs mellan den 31 december 2005 till den 7 mars 2006 under fyra provtagningsomgångar. Prover uttogs vid samtliga av stadens fyra tipplatser. Totalt uttogs ca 120 snöprover och av dessa analyserades 114 stycken som snövattenprov. Dessutom analyserades fyra sedimentprov.

Föroreningarna i snön antogs främst utgöras av metaller och alifatiska kolväten (t ex olja och bensin). I projektets inledning skickades några snövattenprov för så kallad screeninganalys. Screeninganalys omfattar en mängd organiska och oorganiska ämnen. Syftet med denna analys var att se till att det fortsatta analysprogrammet täckte in de i snön eventuellt förekommande föroreningarna.

Sedimentproverna analyserades med avseende på screeninganalys (så kallad TerrAtest), inklusive organisk halt respektive lerhalt.

På analyslaboratoriet hanterades snövattenproverna för metallanalys som ytvattenprov². Snövattenprov för analys med avseende på organiska föroreningar har varken filtrerats eller dekanterats, utan har extraherats och analyserats tillsammans med den finpartikulära grumlingen.

Sex snövattenprov analyserades dels som ofiltrerade och dels som filtrerade (0,45 µm) prov, med avseende på metaller. Det utfördes för att möjliggöra en uppskattning av hur stor andel av eventuella metallföroreningar som förekom i lösning eller kolloidal form (filtrerad fraktion) i förhållande till totalhalter i snövattenproven (ofiltrerade).

I tabell 1 nedan presenteras den totala analysomfattningen med avseende på analysparametrar samt antal analyser för både snövatten- och sedimentprover. Analyserna har utförts av ackrediterade laboratorier med standardmetoder för respektive parameter.

² Vattenprov surgörs med HNO₃ och filtreras därefter (för att skydda analysinstrumentet) innan de analyseras m ha ICP-MS.

Tabell 1: Sammanställning av samtliga analyser utförda under snöprovtagningen vintern 2005/2006. Sammanställningen avser både snövattenprov och sedimentprov

Analysparameter	Antal prover för analys
Totalt antal analyserade snövattenprov	114
pH	56
Klorid	4
Suspensionshalt, turbiditet	23
Metallanalys ¹ , ofiltrerade	101
Metallanalys ¹ , filtrerade	6
Alifater (>C5-C16, >C16-C35)	44
Aromater (>C8-C10, >C10-C35)	38
BTEX (benen, toluen, etylbensen, xylen)	42
PAH ² (polyaromatiska kolväten)	42
Screeninganalys ³ snövattenprov	4
Totalt antal analyserade sedimentprov	4
Screeninganalys ³ sedimentprov	4

¹ Metallanalys: As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn

² PAH summa 16, PAH cancerogena, PAH övriga

³ Screeninganalys: "Enviscreen" för vattenprov och "TerrAtest" för sedimentprov

3 Analysresultat och utvärdering

3.1 Snövattenprov

Generellt visade analysresultaten att snön vid sjötipparna i Stockholm innehöll en del föroreningar. Föroreningarna utgjordes främst av metaller i form av kadmium, krom, koppar, nickel, bly och zink, samt av PAH (polyaromatiska kolväten), vilka är vanligt förekommande föroreningar i storstads- och gatumiljöer. Snöproverna innehöll färre oljerelaterade föroreningar (aromater och alifater) än förväntat. I tabell 2 nedan presenteras medianhalterna av samtliga analyserade prover. Dessutom presenteras föroreningskoncentrationen i nollprovet från Råambshovsparken. Alla analyserade parametrar är inte med i sammanställningen.

I de fall där föroreningshalterna legat under detektionsgränsen i några enstaka prov har de inkluderats i medianberäkningarna genom att halten för dessa satts till halva detektionsgränsen. När fler än hälften av halterna för en parameter legat under detektionsgränsen har medianvärden inte beräknats.

Tabell 2: Medianhalter för samtliga analyserade snövattenprover från tippsnö samt nollprovet från Råambshovsparken. För ämnen med fler än 50% av proverna under analysens detektionsgräns anges halten som "<detektionsgr." Sammanställningen gäller ofiltrerade prover. "-"= ej analyserat

Parameter	Medianvärde (µg/l) prover från samtliga tipplatser	Nollprov (µg/l)
Barium (Ba)	183	6
Kadmium (Cd)	0,5	0,2
Kobolt (Co)	26	0,3
Krom (Cr)	24	< detektionsgr.
Koppar (Cu)	158	7
Kvicksilver (Hg)	< detektionsgr.	< detektionsgr.
Mangan (Mn)	350	10
Nickel (Ni)	17	0,7
Bly (Pb)	61	5
Zink (Zn)	636	25
Alifater >C5-C16	< detektionsgr.	< detektionsgr.
Alifater >C16-C35	280	19
Aromater >C8-C10	< detektionsgr.	< detektionsgr.
Aromater >C10-C35	< detektionsgr.	< detektionsgr.
Bensen	< detektionsgr.	< detektionsgr.
Toluen	< detektionsgr.	< detektionsgr.
Etylbensen	< detektionsgr.	< detektionsgr.
Xylen	< detektionsgr.	< detektionsgr.
PAH summa 16	1,3	0,2
PAH cancerogena	0,5	< detektionsgr.
PAH övriga	0,8	0,2
Suspensionshalt [mg/l]	2100	-
pH [-]	7,6	4,3

3.1.1 Jämförelse med data från 1985

En jämförelse har gjorts mellan resultaten från provtagningen 2005/2006 och en tidigare snöprovtagning som genomfördes av Stockholms stad 1985 (Stockholms Miljö- och hälsoskyddsförvaltning, 1985). Vid undersökningen 1985 uttogs bland annat två prov från

snötippmassor av och ett prov på orörd snö från Vitabergsparken vilket kan likställas med nollprovet från 2005/2006. Analyserade parametrar skiljer sig åt mellan 1985 och 2006. Några parametrar överensstämmer dock och dessa har sammanställts och presenteras nedan i tabell 3. Det är oklart om smältvattnet från snöproverna från 1985 var filtrerade eller ofiltrerade. Dock uppvisar prover i undersökningen från 1985 så pass höga metallhalter att det kan antas att resultaten härrör från ofiltrerat smältvatten vilket alltså skulle möjliggöra en jämförelse med proverna från 2005/2006. För organiska ämnen skiljer sig analysparametrarna åt mellan undersökningstillfällena, vilket omöjliggör en jämförelse.

Vid en jämförelse mellan uppmätta halter 1985 och 2005/2006 ses att halterna av bly, kadmium och kvicksilver är betydligt lägre i mätningarna från 2005/2006 och att detta gäller både för den tippade snön och för nollproven. Suspensionshalten är högre i undersökningen 2005/2006 medan pH värdena från de olika undersökningarna korrelerar väl.

Tabell 3. Jämförelse mellan prover uttagna 2005/2006 samt 1995

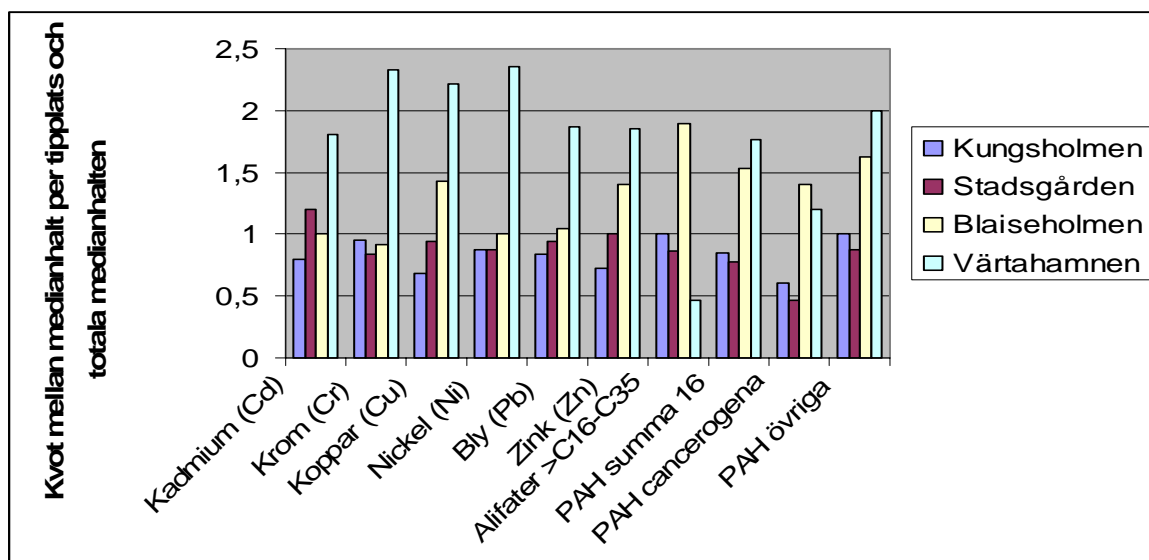
Parameter	Medianhalt i snövattenprover 2005/2006	Uppmätt halt i smält tippsnö 1985 (2 prover)	Nollprov 2005/2006, Rålambshovsparken	"Nollprov" 1985, provpunkt 6 Vitabergsparken
pH	7,6	7,1-7,6	4,3	4,3
Suspenderad substans (mg/l)	2 100	900-1380	-	13
Bly (µg/l)	61	280-530	4,62	19
Kadmium (µg/l)	0,5	2,6	0,16	0,3
Kvicksilver (µg/l)	<0,02	0,3	<0,02	0,2

3.1.2 Statistisk utvärdering av resultat

Analysresultaten från snöprovtagningen har sammanställts, bearbetats statistiskt och utvärderats utifrån det angreppssätt som beskrivs nedan. Snöproverna och dess analysresultat har inledningsvis grupperats utifrån respektive sjötipp samt utifrån gatornas snöröjningskoder (färgkoder). Grupperingen har utförts dels för att kunna uppskatta huruvida eventuell föroreningsgrad skiljer sig

åt per tippplats, dels för att få en uppfattning av om det föreligger någon skillnad i föroreningsgrad mellan gator med olika färgkod.

En jämförelse mellan medianföroreningshalter vid de olika tippplatserna utfördes för att se om det förelåg någon skillnad i föroreningshalter mellan platserna. Jämförelser har gjorts för tungmetaller (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn), tunga alifater samt polyaromatiska kolväten (PAH). Vid jämförelsen beräknades kvoten mellan medianhalten för respektive tippplats och den totala medianhalten för samtliga tippplatser. Kvoterna plottades sedan i diagram. I figur 1 nedan kan utläsas att medianföroreningshalterna i den provtagna snön generellt är högre vid Blaiseholmens och Värtahamns tippplats än medianhalterna vid Kungsholmens och Stadsgårdens tippplats.



Figur 1. Jämförelse av medianföroreningshalter i snö för olika tippplatser inom Stockholms stad vintern 2005/2006.

Medianhalterna av metaller, tunga alifater och PAHer i den tippade snö uppvisade däremot inte några stora skillnader kopplade till gatornas röjningskoder.

3.1.3 Förorenings- och partikelinnehåll

Föroreningar i snön kan, när snön tillförs recipienten och smälter, fördela sig mellan lösningen eller binda (adsorbera) till partiklarna i snön. Olika föroreningar har olika adsorptionsförmåga och löslighet, vilket i sin tur beror av diverse faktorer, t ex kemiska egenskaper hos ämnet och/eller vattenkemiska faktorer som pH, karbonathalt etc.

För att undersöka eventuella samband mellan föroreningsinnehåll och partikelhalt i snövattenproverna har suspensionshalterna plottats tillsammans med halterna för bly-, koppar-, zink-, nickel- respektive PAH. I plottarna förefaller metallföroreningarna vara associerade till partiklar (linjära samband) vilket är ett väntat resultat med avseende på metaller då metaller sällan förekommer i löst form i syresatta vatten utan ofta är associerade till partiklar. Med avseende på PAH kunde inget samband mellan partikelhalt och PAH-halt ses i denna här studien.

Vidare har kvoter mellan filtrerade och ofiltrerade snövattenprov beräknats för att uppskatta vilka föroreningar som är lösta ("filtrerbar fraktion < 0,45µm"), respektive associerade till partiklar. Delar av detta resultat presenteras i tabell 4 nedan. I denna tabell presenteras analysresultat för sex snövattenprover, från olika gatutyper, vilka analyserats både som filtrerade och ofiltrerade. Liksom för plottningen av metallhalter och partikelhalter, visade skillnaden mellan filtrerade och ofiltrerade snövattenprov att tungmetallerna generellt förefaller vara partikelbundna (stor differens mellan halterna i ofiltrerade respektive filtrerade prov). Större konstituenten som Mg, K, Ca och Na förekommer däremot huvudsakligen i löst form i snövattenproven (liten differens mellan halterna i ofiltrerade respektive filtrerade prov).

Tabell 4: Delar av analysresultaten för ofiltrerade och filtrerade prov .Jämförelsen avser föroreningshalter i ofiltrerade och filtrerade snövattnenprov. I kolumnen längst till höger presenteras medelvärdet av kvoten mellan ofiltrerat och filtrerat snövattnenprov.

Ämne	Gatutyp	enhet	Gatutyp						Medelvärde, skillnad mellan ofiltrerat prov och filtrerat
			röd	gul	ytterstad	gul/lila	röd	gul	
Ca	filt	mg/l	29,1	19	14,8	25,8	13	14,5	
	ofilt	mg/l	35,3	23,8	19,2	36,6	13	19,9	
	ofilt/filt	-	1,2	1,3	1,3	1,4	1,0	1,4	1
K	filt	mg/l	5,4	2,45	3,25	4,46	<0,5	2,05	
	ofilt	mg/l	8,24	4,99	6,78	7,95	0,6	3,98	
	ofilt/filt	-	1,5	2,0	2,1	1,8	-	1,9	2
Mg	filt	mg/l	4,56	1,58	0,837	3,21	0,4	1,48	
	ofilt	mg/l	11	6,16	4,51	9,32	1	5,01	
	ofilt/filt	-	2,4	3,9	5,4	2,9	2,5	3,4	3
Na	filt	mg/l	1140	418	37,8	1050	13	329	
	ofilt	mg/l	1210	407	38	1080	13	338	
	ofilt/filt	-	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1
Cd	filt	µg/l	0,129	0,053	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	
	ofilt	µg/l	0,562	0,367	0,548	0,468	0,2	0,416	
	ofilt/filt	-	4,4	7,0	22	18	2,1	18	12
Cr	filt	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	0,594	<0,5	<0,5	
	ofilt	µg/l	32,8	25	29,2	42,1	3,5	23,5	
	ofilt/filt	-	-	-	-	70,9	-	-	71
Cu	filt	µg/l	10,1	3,95	3,27	3,79	13	2,62	
	ofilt	µg/l	148	94,7	64,7	122	174	74,6	
	ofilt/filt	-	14,7	24,0	19,8	32,2	13,4	28,5	22
Pb	filt	µg/l	0,307	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	<0,2	
	ofilt	µg/l	61,1	38	46,8	57,2	27	34,3	
	ofilt/filt	-	199	380	468	572	132	343	349
Zn	filt	µg/l	10,1	2,51	<2	<2	26	10,7	
	ofilt	µg/l	638	359	293	486	76	307	
	ofilt/filt	-	63	143	293	486	3	29	169

3.2 Sedimentprov

I sedimentprover påträffades metaller främst koppar, krom, bly och zink. Därutöver detekterades en mängd organiska ämnen såsom PAH, aromatiska kolväten, ftalater och kolväten härstammande från olika petroleumprodukter. Analysresultat för sediment finns sammanställda i tabell 2 i bilaga 1.

Det fasta material som avsätts precis vid sjötippplatserna utgörs huvudsakligen av grova fraktioner (sand och grus). Föroreningar, främst metaller, är framförallt associerade med finare fraktioner (silt, lera och finpartikulärt organiskt material). Detta beror huvudsakligen på att det finpartikulära materialet erbjuder en stor del adsorptionsytor i förhållande till sin volym, samt att det innehåller lerpartiklar och organiska partiklar, vilka har laddade ytor till vilka bl a metaller lätt kan binda.

De analyserade sedimentproven bestod endast av den finpartikulära delen (< 0,2 mm) av det fasta materialet, vilket sannolikt innebär att föroreningshalten i hela det fasta materialet (inklusive sand och grus) är lägre än de halter som presenteras i bilaga 1. Av det partikulära materialet i snöproverna uppskattades de finpartikulära fraktionerna utgöra en mycket liten andel av den totala volymen snövattnenprov (ca 1 volym-%) och cirka en femtedel av det fasta materialet i snön.

4 Uppskattad utspädning av föroreningshalterna vid tippning i Riddarfjärden

För att kunna göra en bedömning av vilka föroreningskoncentrationer som kan uppstå i recipienten vid tippning av snö, och för att sedan kunna jämföra dessa med miljö kvalitetsnormer och ytvattenkriterier, har beräkningar avseende spädning i Riddarfjärden utförts.

Riddarfjärden valdes eftersom denna recipient (till skillnad från Saltsjön) är lättare att avgränsa, beräkna omsättning för och anses känsligare för tungmetaller och organiska föroreningar (Dagvattenstrategi för Stockholms stad, 2002).

Vid en bedömning av vilka föroreningskoncentrationer som kan erhållas i ytvattnet jämförs flödet i Riddarfjärden med den mängd snö som tillfördes till Riddarfjärden under vintern 2005/2006.

Den snö som tippades i Riddarfjärden³ under vintern 2005/2006 uppgick till ca 60 000 m³. Med en vattenhalt på 0,65 % motsvarar detta ca 39 000 m³ snövatten. Utifrån ett antagande om att snön tippats under 30 dygn av vintern motsvarar detta ca 2 000 m³ snö per tippat dygn (vilket i sin tur motsvarar ca 150 lastbilslass per tippdygn). Dygnsflödet i Riddarfjärden motsvarar ca 1,6 Mm³. Spädningen av snövattnet skulle vid dessa antaganden uppgå till ca 1 200 gånger.

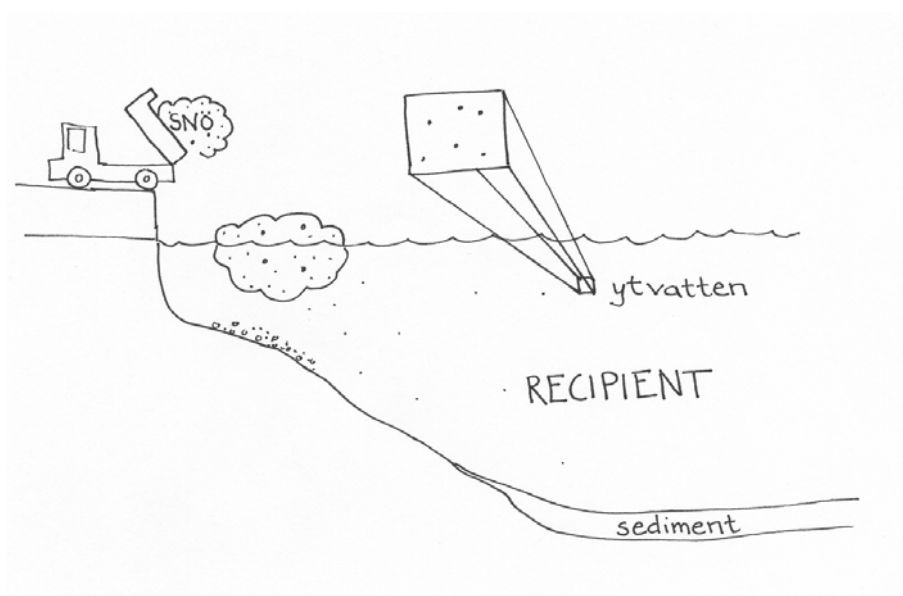
5 Sammanställning av jämförelsekriterier

För att kunna göra en grov uppskattning av vilken eventuell miljöpåverkan uppmätta föroreningshalter i snön från Stockholms gator skulle kunna ha på recipienterna, har miljö kvalitetsnormer och jämförelsekriterier för ytvatten respektive sediment sammanställts. Analysresultaten avseende snövattenproverna och "sedimenproverna" som uttogs 2005/2006 kommenteras nedan utifrån dessa jämförelsekriterier.

Föroreningarna i snövattenproverna förefaller förekomma huvudsakligen bundna till partiklar, men en del föroreningar finns även lösta i vattenfasen (se figur 2). Den totala mängden föroreningar i snövattnet kommer, när smältvattnet från snön blandas med vattnet i recipienten, att fördela sig så att en del föroreningar förblir i lösning i

³ Baserad på siffror från Stockholm Entreprenad gällande bortforslad snö från Kungsholmen vintern 2005/2006

vattnet, medan *huvuddelen* av partiklarna, och således de partikelbundna föroreningarna, kommer att sedimentera. Sedimentationshastigheten beror bland annat på partiklarnas storlek där det generellt tar längre tid för små partiklar att sedimentera. Det innebär att partiklar (med vidhängande förorening) under denna tid finns tillgängliga i ytvattnet, vilket även de lösta föroreningarna gör.



Figur 2. När snön tippas i recipienten kommer partiklar från snön att sedimentera. Sedimentationen kan ta lång tid för fina partiklar vilket innebär att partiklar (med vidhängande förorening) under denna tid finns tillgängliga i ytvattnet, vilket även de lösta föroreningarna gör.

5.1 Ytvattenkriterier

Miljökvalitetsnormen för fisk och musselvatten (SFS 2001:554) samt fyra ytvattenkriterier (avseende miljö) från Sverige och USA har sammanställts i tabell 5 och 6 nedan. Dessutom presenteras medianhalten i de ofiltrerade och filtrerade snövattenproverna samt halten som teoretiskt erhålls om ett ofiltrerat snövattenprov späds 1 200 gånger. Denna spädning motsvarar den beräknade spädningen vid tippning i Mälaren (se stycke 4).

Tabell 5: Sammanställning över miljökvalitetsnormer samt analyserade medianhalter 2005/2006.

Miljökvalitetsnorm:	SFS	medianhalt	medianhalt	Teoretisk halt vid
Ämne	2001:554 ⁴	2005/2006	2005/2006	1 200 ggr spädning
		ofiltrerat	filtrerat	av ofiltrerat prov
Koppar (Cu) i µg/l	<5 ^{AB}	-	4	0,15
Zink (Zn) i µg/l	<300 ^{AC}	709	-	0,6
pH	6-9	7,5	7,3	-
Suspension mg/l	< 25	2 100	-	1,8

^A Värdet avser mjukt vatten vilket Mälarens vatten klassas som.

^B Avser upplöst koppar ^C Avser totalhalt zink

Vid en jämförelse mellan miljökvalitetsnormen och analyserade ämnen ses kopparhalten (avser upplöst koppar) underskrids redan i snövattenprovet medan zinkhalten (avser totalhalten zink) underskrids när snövattenprovet smälter i recipienten (Mälaren). Även suspensionhalten underskrids vid spädning i recipienten. Uppmätta pH-värden ligger i samtliga prover inom miljökvalitetsnormen.

Vid vattenprovtagning som utförts av SLU inom Naturvårdsverkets bevakning av de nationella miljömålen (<http://info1.ma.slu.se/db.html>) har ytvattenprover uttagits vid centralbron mellan åren 1996-2005. En sammanställning av medianvärdet för ett antal parametrar från SLUs mätning under åren 1996-2005 presenteras, som ett komplement till ytvattenkriterierna, i tabell 6 nedan.

⁴ Miljökvalitetsnormen (SFS 2001:554) gäller för Mälaren

Tabell 6: Sammanställning över ytvattenkriterier , analyserade snövattneshalter 2005/2006 (ofiltrerat, filtrerat och utspätt) samt medianhalter uppmätta vid centralbron nedströms tipplatsen vid Kungsholmen.. Halter i µg/l (gäller ej suspension). ”-” = ej analyserad.

Ytvattenkriterie: Ämne	NV 4913 ⁵	Kemakta 2006 ⁶	NAWQC ⁷	medianhalt 2005/2006 ofiltrerat	medianhalt 2005/2006 filtrerat	Teoretisk halt vid 1 200 ggr spädning av ofiltrerat prov	medianhalt i mälares vatten vid centralbron, SLU 1996-2005
Kadmium (Cd)	0,1		0,25	0,5	0,09	0,0004	0,01
Krom (Cr)	5		74/11	24	0,6	0,02	0,5
Koppar (Cu)	3		9	174	4	0,1	3,5
Kvicksilver (Hg)			0,77	< detektionsgr	< detektionsgr	< detektionsgr	
Nickel (Ni)	15		52	20	1,0	0,02	3,2
Bly (Pb)	1	1	2,5	67	0,3	0,06	0,6
Zink (Zn)	20		120	709	10	0,6	4,4
Alifater >C5-C16		30		< detektionsgr	-	< detektionsgr	-
Alifater >C16-C35		50		697	-	0,6	-
Aromater >C8-C10		30		< detektionsgr	-	< detektionsgr	-
Aromater >C10-C35		10		< detektionsgr	-	< detektionsgr	-
Bensen		10		< detektionsgr	-	< detektionsgr	-
Toluen		10		< detektionsgr	-	< detektionsgr	-
Etylbensen		10		< detektionsgr	-	< detektionsgr	-
Xylen		10		< detektionsgr	-	< detektionsgr	-
PAH cancerogena		0,05		1,3	-	0,001	-
PAH övriga		1		2,8	-	0,002	-
pH				7,5	7,3	0,006	7,7
Suspension [mg/l]				2 100	-	2	-

Vid en jämförelse mellan uppmätta föroreningshalter i filtrerade snövattnenprov och presenterade ytvattenkriterier kan ses att samtliga metallhalter ligger under presenterade ytvattenkriterier.

⁵ Naturvårdsverket rapport 4913. Gränsen mellan klass 2 (låga halter) och klass 3 (måttligt höga halter) har använts i denna sammanställning

⁶ Förslag på riktvärden för ämnen i grundvatten vid bensinstationer, SPIMFAB/Kemakta 2006.

⁷ Amerikanska riktvärden för vattenkvalitet avseende ekotoxikologiska effekter (Chronic National Ambient Water Quality Criteria, NAWQC) 2006

Vid en jämförelse mellan uppmätta föroreningshalter i ofiltrerade snövattenprov och presenterade ytvattenkriterier kan ses att medianhalterna av främst koppar, bly, zink är högre än samtliga ytvattenkriterier. Alifater (fraktion C16-C35) samt summahalterna av PAH är också högre än presenterade ytvattenkriterier. För några av de analyserade ämnena (järn, aluminium samt icke-metallerna) saknas rikt- och jämförelsevärden.

Då snön som tippas vid sjötipparna successivt smälter i vattnet, späds smältvattnet ut så att de faktiska föroreningshalterna i ytvattnet blir lägre än halterna i snövattenproverna. Vad avser ytvattenkriterierna förefaller således snötippningen vid sjötipparna inte utgöra någon stor miljöpåverkan, mer än lokalt.

I Miljö- och hälsoskyddsförvaltningens undersökning av snö i Stockholm från 1985 konstaterades, utifrån vattenprover från Riddarfjärden, att ytvattenförhållandena endast påverkades lokalt vid tippplatserna och då endast tillfälligt under den intensiva tippperioden.

Vid genomgång av analysdata för metaller från den vattenprovtagning som utförts av SLU i Mälaren nedströms tippplatsen (<http://info1.ma.slu.se/db.html>) kunde inte högre halter av koppar, kadmium, bly och zink konstateras under vintersäsongen (januari-mars) än under resten av året. Uppmätta halter av dessa metaller var istället lägre under vintersäsongen.

5.2 Sedimentkriterier

De fyra "sedimentprover" från snövattenproven, som analyserats i den här undersökningen, ger en summerande bild av vilka föroreningar som kan förekomma i det fasta materialet i snön. Medianhalterna i dessa prover har jämförts med sammanställda bedömningsgrunder för sediment från Sverige och Kanada (se tabell 7 nedan). Därutöver har även en jämförelse gjorts med uppmätta halter i sediment i Stockholms vattenområden. Jämförelsen har endast avsett tungmetaller och PAH.

Tabell 7: Sammanställning över sedimentkriterier och bakgrundshalter i sediment i Stockholm samt analyserad medianhalt från de fyrsedimentproven.

Sedimentkriterie:	NV 4913 ⁸ (mg/kg)	CEQG ⁹ (mg/kg)	IVL ¹⁰ (mg/kg)	Medianhalt sediment- analyser 2005/2006
Ämne				
Arsenik (As)	30	5,9	5,6	3
Kadmium (Cd)	7	0,6	2,5	0,2
Krom (Cr)	100	37,3	80	70
Kobolt (Co)			16	20
Koppar (Cu)	100	35,7	240	140
Kvicksilver (Hg)	1		1,9	0,07
Bly (Pb)	400	35	220	40
Nickel (Ni)	50		38	40
Zink (Zn)	1000	123	640	390
PAH 16 EPA (summa)			10	3

Vad gäller metaller så ligger dessa i nivå med (krom och kobolt) eller under de halter som anges som bakgrundshalter i sediment i Stockholm, vilket indikerar att snötippningen inte ökar tungmetallkoncentrationen i Stockholms sediment.

Vid en jämförelse med bedömningsgrunderna med avseende på metaller och PAH, ses att halterna av krom och zink i "snösedimentproven" ligger över det interimvärde för sediment i sötvatten som används i Kanada. Halterna av bly ligger kring, eller strax över det interimvärde för sediment i sötvatten som används i Kanada. Halterna för krom, bly och zink ligger dock under de sammanställda svenska bedömningsgrunderna. Halterna av koppar ligger över de sammanställda svenska bedömningsgrunderna samt de kanadensiska riktvärdena.

För merparten av övriga detekterade ämnen i screeninganalysen saknas jämförelsekriterier för sediment. För flertalet av dessa ämnen rapporterades dock halter under detektionsgränsen. Undantaget detta

⁸ Bedömningsgrunder för miljö kvalitet, sjöar och vattendrag, Naturvårdsverket rapport 4913. Gränsen mellan tillståndsklass 3 (måttligt höga halter) och tillståndsklass 4 (höga halter).

⁹ Kanadensiska riktvärden för miljö (Canadian Environmental Quality Guidelines). Sammanställda av Kanadensiska miljömyndigheter under 2003. I Appendix presenterade sedimentkriterier för sötvatten. Angivet värde är ett ISQG-värde (Interim Sediment Quality Guideline).

¹⁰ Sammanställning av bakgrundhalter i Stockholms sediment IVL, 1998

var kolväten härstammande från petroleumprodukter (TPH), ftalater, bifenyl och dibensofuran.

6 Uppskattning av total föroreningsbelastning

Jämförelsen av resultaten från snöprovtagningen med sammanställda ytvattenkriterier indikerar att ytvattenkriterierna troligen inte kommer att överskridas i recipienterna i samband med tippning av snö vid sjötipparna. Jämförelsen med bakgrundshalter i sediment i Stockholm visade att föroreningskoncentrationen av metaller i sedimenten troligen inte kommer att öka till följd av snötippningen. Det kan därför istället vara av intresse att uppskatta vilken ungefärlig totalbelastning föroreningarna i den tippade snön utgör.

Beräkning av totalbelastning (se tabell 7 nedan) baseras på uppgifter från rapporten "Underlag för beslut om Miljöstrategi för snöhantering i Stockholm" (oktober 2006) där snötippbehovet vid sjötipparna uppskattas till ca 600 000 m³, vilket motsvarar ca 390 000 m³ smältvatten.

I uppskattningarna av totalbelastning har medianhalten av föroreningar i samtliga ofiltrerade snöprov använts.

Tabell 7. Grov uppskattning av den totalbelastning föroreningar från den tippade snön utgör i recipienterna vid de fyra tipplatserna. Beräkningarna bygger på medianhalter av de i tabellen presenterade föroreningarna.

Parameter	Uppskattad totalbelastning (kg/år)
Kadmium (Cd)	0,2
Kobolt (Co)	11
Krom (Cr)	10
Koppar (Cu)	70
Mangan (Mn)	150
Nickel (Ni)	6
Bly (Pb)	30
Zink (Zn)	270
Alifater >C16-C35	120
PAH summa 16	0,6
PAH cancerogena	0,2
PAH övriga	0,4

Den totalbelastning snön uppskattas utgöra, har sedan jämförts med totalbelastningen på Riddarfjärden utifrån faktaunderlaget till Vattenprogram för Stockholm 2000, samt beräknad totalbelastning till Riddarfjärden från dagvatten.

Jämförelsen mellan föroreningsbelastningen från tippsnön i relation till tillskottet från dagvatten har utförts för Riddarfjärden, eftersom det för denna recipient finns bra underlag att jämföra med.

I tabell 8 redovisas den uppskattade totalbelastningen vintern 2005/2006 från snö till Riddarfjärden. Beräkningen bygger på uppskattningen att ca 15 % av snön som sjötippas i Stockholms stads regi, tippas i Riddarfjärden. Uppgifterna om föroreningsbelastningen på Riddarfjärden från dagvatten är hämtade från Plan 94, ledningsnät i Stockholm, systemval och konsekvenser, samt från beräkningar och dagvattenkvalitetsdata hämtade från dagvattenmodellen StormTac.

Tabell 8. Grov uppskattning av den totalbelastning föroreningar från den tippade snön vintern 2005/2006 utgjorde i Riddarfjärden, samt en uppskattning av totalbelastningen till Riddarfjärden per år utifrån Vattenprogram för Stockholm samt från dagvatten baserat på Plan 94 och beräkningar och haltdata hämtade från dagvattenmodellen StormTac. ”-” indikerar att data saknas.

Parameter	Uppskattad total-belastning på Riddarfjärden (kg/år) 2005/2006	Uppskattad total-belastning på Riddarfjärden (kg/år) från dagvatten (StormTac) ¹	Uppskattad total-belastning på Riddarfjärden (kg/år) från dagvatten (Plan 94)	Uppskattad total-belastning på Riddarfjärden (kg/år) (Vattenprogram för Stockholm)
Kadmium (Cd)	0,02	0,26	0,26	-
Krom (Cr)	1,1	2,1	-	-
Koppar (Cu)	7,1	12,1	64,6	16
Nickel (Ni)	0,6	2,3	-	-
Bly (Pb)	2,7	10,7	23,8	-
Zink (Zn)	29	45,3	74,1	51
PAH summa	0,06	0,31	-	-

¹ Beräkningar i StormTac är utförda för de metaller som bedöms utgöra störst problem i recipienterna, samt för PAH.

Ur jämförelsen i tabell 7, mellan de uppskattade totalbelastningarna som den tippade snön respektive dagvatten kan utgöra i Riddarfjärden, kan utläsas att det främst är metallerna koppar och zink i den tippade snön som ligger på en nivå som ungefär motsvarar den totalbelastning dagvattnet uppskattats utgöra på Riddarfjärden. Med avseende på övriga parametrar förefaller den tippade snön endast utgöra en mindre del av totalbelastningen.

I artikeln "Heavy metal sediment load from the city of Stockholm" (Lindström et al., 2001) görs en uppskattning av den totala depositionen av tungmetaller till Stockholms sediment. I tabell 9 nedan presenteras en sammanställning från artikeln där depositionen av tungmetaller till sedimenten presenteras motsvarande de olika recipienterna.

Tabell 9. Sammanställning från artikeln "Heavy metal sediment load from the city of Stockholm" där depositionen av tungmetaller till sedimenten är uppdelad på de olika recipienterna. Norr Mälarstrands tipplats ligger vid Riddarfjärden. Värtahamnens tipplats vid Lilla Värtan och Stadsgårdens tipplats vid Saltsjön.

Parameter	Riddarfjärden (kg/år)	Lilla Värtan (kg/år)	Saltsjön (kg/år)
Kadmium (Cd)	2,0	5,4	21
Krom (Cr)	86	131	859
Koppar (Cu)	210	498	1861
Nickel (Ni)	60	63	404
Bly (Pb)	303	555	1854
Zink (Zn)	609	1023	4170

I tabell 10 nedan redovisas hur stor procentuell andel den tippade snön vid respektive tipplats utgör av den totala belastningen på den aktuella recipienten.

Vid uppskattningarna har antagits att 15 % av den totala mängden tippad snö tippas i Riddarfjärden och att 35 % av den totala mängden tippad snö tippas i Lilla Värtan respektive Saltsjön.

Tabell 10. Jämförelse mellan den uppskattade totalbelastningen från snön och den totala belastningen på sediment i respektive recipient, utifrån en uppskattning av den totala metalldepositionen till sedimenten (Lindström et al., 2001).

Parameter	Totalbelastningen från snö som procentuell del av den totala belastningen till sediment i Riddarfjärden	Totalbelastningen från snö som procentuell del av den totala belastningen till sediment i Lilla Värtan	Totalbelastningen från snö som procentuell del av den totala belastningen till sediment i Saltsjön
Kadmium (Cd)	2 %	1 %	0,2 %
Krom (Cr)	2 %	2 %	0,3 %
Koppar (Cu)	4 %	3 %	1 %
Nickel (Ni)	1 %	2 %	0,3 %
Bly (Pb)	1 %	1 %	0,3 %
Zink (Zn)	6 %	6 %	1 %

Om den uppskattade totalbelastningen från snön vid varje aktuell tipplats jämförs med den totala depositionen av metaller till sediment, vilken presenterats i tabell 9 ovan, ses att belastningen från den tippade snön utgör mellan 0,2-6 % av totalbelastningen.

BILAGA 1

Sammanställning över delar av analysresultaten från
snöprovtagningen 2005/2006

Tabell 1, bilaga 1. Analyserade snö(vatten)prover vid de olika tipplatserna samt för samtliga tipplatser sammantaget. Halterna är angivna som medelvärde/medianhalten. Ämnen med fler än 50% av proverna under detektionsgränsen anges halten som < detektionsgr. Sammanställningen gäller ofiltrerade prover.

Analysparameter	Kungsholmen	Stadsgården	Blaiseholmen	Värtahamnen	Samtliga
	(µg/l) medel/median	(µg/l) medel/median	(µg/l) medel/median	(µg/l) medel/median	tipplatser (µg/l) medel/median
Barium (Ba)	193 / 144	205 / 181	241 / 201	305 / 305	187 / 183
Kadmium (Cd)	0,6 / 0,4	0,7 / 0,6	0,6 / 0,5	1,0 / 0,9	0,6 / 0,5
Kobolt (Co)	30 / 25	30 / 21	37 / 31	57 / 58	30 / 26
Krom (Cr)	37 / 23	30 / 20	32 / 22	55 / 56	30 / 24
Koppar (Cu)	162 / 107	164 / 148	268 / 227	330 / 350	174 / 158
Kvicksilver (Hg)	< detektionsgr.	< detektionsgr.	< detektionsgr.	< detektionsgr.	< detektionsgr.
Mangan (Mn)	392 / 350	456 / 359	484 / 364	868 / 870	435 / 350
Nickel (Ni)	23 / 15	21 / 15	21 / 17	40 / 40	20 / 17
Bly (Pb)	63/51	64 / 57	75 / 64	114 / 114	67 / 61
Zink (Zn)	660 / 460	700 / 640	920 / 890	1260 / 1180	709 / 636
Alifater >C5-C16	< detektionsgr.	< detektionsgr.	34 / 28	22 / 13	< detektionsgr.
Alifater >C16-C35	832 / 280	538 / 240	1020 / 530	233 / 130	697 / 280
Aromater >C8-C10	< detektionsgr.	< detektionsgr.	390 / 0,5	< detektionsgr.	< detektionsgr.
Aromater >C10-C35	< detektionsgr.	< detektionsgr.	22 / 1,6	< detektionsgr.	< detektionsgr.
Bensen	< detektionsgr.	< detektionsgr.	< detektionsgr.	0,2 / 0,2	< detektionsgr.
Toluen	0,25 / 0,24	0,4 / 0,1	< detektionsgr.	0,3 / 0,3	< detektionsgr.
Etylbensen	< detektionsgr.	< detektionsgr.	< detektionsgr.	< detektionsgr.	< detektionsgr.
Xylen	< detektionsgr.	< detektionsgr.	< detektionsgr.	< detektionsgr.	< detektionsgr.
Acenaften	< detektionsgr.	< detektionsgr.	< detektionsgr.	< detektionsgr.	< detektionsgr.
Naftalen	< detektionsgr.	0,14 / 0,10	4 / 0,1	0,4 / 0,2	1,5 / 0,1
Fluoren	< detektionsgr.	< detektionsgr.	0,2 / 0,07	< detektionsgr.	0,2 / 0,13
Fenantren	0,37/0,25	0,36 / 0,19	0,6 / 0,25	0,56 / 0,29	0,48 / 0,20
Fluoranten	0,3/0,2	0,29 / 0,14	0,5 / 0,3	0,59 / 0,23	0,43 / 0,2
Pyren	0,4/0,2	0,46 / 0,20	0,6 / 0,4	0,50 / 0,31	0,51 / 0,25
bens(a)antracen	< detektionsgr.	0,08 / 0,0 6	0,2 / 0,005	0,47 / 0,09	0,26 / 0,11
Krysen	0,35 / 0,1	0,44 / 0,19	0,6 / 0,3	0,56 / 0,32	0,55 / 0,28
bens(b)fluoranten	0,15 / 0,1	0,31 / 0,09	0,2 / 0,2	0,34 / 0,12	0,37 / 0,2
bens(k)fluoranten	< detektionsgr.	< detektionsgr.	0,1 / 0,04	0,35 / 0,08	< detektionsgr
bens(a)pyren	< detektionsgr.	< detektionsgr.	0,2 / 0,004	0,42 / 0,12	0,42 / 0,25
dibens(ah)antracen	< detektionsgr.	< detektionsgr.	< detektionsgr.	0,12 / 0,07	< detektionsgr.
benso(ghi)perylen	0,15 / 0,1	0,2 / 0,1	0,3 / 0,17	0,34 / 0,16	0,29 / 0,17
indeno(123cd)pyren	< detektionsgr.	< detektionsgr.	< detektionsgr.	0,03 / 0,09	0,26 / 0,13
PAH summa 16	2,1 / 1,1	2,0 / 1,0	7,7 / 2,0	5,0 / 2,3	4,2 / 1,3
PAH cancerogena	1,1 / 0,3	0,74 / 0,23	1,4 / 0,7	2,3 / 0,6	1,3 / 0,5
PAH övriga	1,3 / 0,8	1,3 / 0,7	6,4 / 1,3	2,7 / 1,6	2,8 / 0,8

ra02s 2005-11-11

Tabell 2, bilaga 1: Analyserade sedimentprover bestående av finpartikulärt material från snöproverna.

Analys	Enhet	Blasieholmen	Värtan	Kungs- holmen	Stads- gården
Torrsubstans	% (m/m)	30,2	35,0	33,2	35,8
Fraktion < 2 µm (Lera)	% tv	40		34	36
Glödförlust (indikation organiska ämnen)	% tv	13	13	13	13
Beräknad TOC (GF*0,58)	% tv	7,54	7,54	7,54	7,54
Grundämnen					
Arsenik (As)	mg/kg ts	4	<3	4	<3
Kadmium (Cd)	mg/kg ts	0.4	0.3	<0.3	0.4
Krom (Cr)	mg/kg ts	70	68	71	68
Kobolt (Co)	mg/kg ts	25	22	24	24
Koppar (Cu)	mg/kg ts	160	120	150	130
Kvicksilver (Hg)	mg/kg ts	0,06	<0,05	0,07	0,07
Bly (Pb)	mg/kg ts	36	30	36	36
Nickel (Ni)	mg/kg ts	38	35	37	41
Zink (Zn)	mg/kg ts	410	330	400	370
Flyktiga organiska kolväten					
m,p-Xylen	mg/kg ts	0,2	<0,1	***	<0,1
Xylener (summa)	mg/kg ts	0,2	--	***	--
1,2,4-Trimetylbensen	mg/kg ts	0,99	<0,05	***	<0,05
1,3,5-Trimetylbensen	mg/kg ts	0,58	<0,05	***	<0,05
n-Propylbensen	mg/kg ts	0,15	<0,05	***	<0,05
Fenoler					
p-Kresol	mg/kg ts	1,7	6,1	4,5	7
Kresoler (summa)	mg/kg ts	1,7	6,1	4,5	7

Tabell 2, bilaga 1 forts.

Analys	Enhet	Blasieholmen	Värtan	Kungsholmen	Stadsgården
Polycykliska Aromatiska Kolväten					
Naftalen	mg/kg ts	0,29	0,07	<0,01	0,09
Acenaften	mg/kg ts	0,03	0,03	<0,01	0,03
Fluoren	mg/kg ts	0,09	<0,01	0,03	0,07
Fenantren	mg/kg ts	0,62	0,74	0,37	0,75
Antracen	mg/kg ts	0,03	<0,01	<0,01	0,03
Fluoranten	mg/kg ts	0,61	0,74	0,47	0,69
Pyren	mg/kg ts	0,85	0,98	0,7	1
Benso(a)antracen	mg/kg ts	0,14	<0,01	<0,01	0,1
Chrysen	mg/kg ts	0,58	<0,01	0,12	0,8
Benso(b)fluoranten	mg/kg ts	0,29	<0,01	<0,01	<0,01
Benso(k)fluoranten	mg/kg ts	0,1	<0,01	<0,01	<0,01
Benso(a)pyren	mg/kg ts	0,08	<0,01	<0,01	<0,01
Benso(ghi)perylene	mg/kg ts	0,17	<0,01	<0,01	<0,01
PAH 10 VROM (summa)	mg/kg ts	2,6	1,6	0,97	2,5
PAH 16 EPA (summa)	mg/kg ts	3,9	2,6	1,7	3,6
Diverse organiska föreningar					
Bifenyl	mg/kg ts	0,027	0,022	0,015	0,023
Dibensofuran	mg/kg ts	0,04	0,03	0,02	0,04
Ftalater					
Di-isobutylftalat	mg/kg ts	0,8	0,7	<0,5	0,7
Butylbensylftalat	mg/kg ts	0,9	1,3	0,3	1,4
Bisetylhexylftalat	mg/kg ts	17	8	5	15
Di-n-octylftalat	mg/kg ts	0,29	<0,20	<0,20	0,44
Ftalater (summa)	mg/kg ts	19	9,6	5,8	17
TPH					
TPH (C10-C16)	mg/kg ts	<100	<100	<100	70
TPH (C16-C22)	mg/kg ts	100	180	130	100
TPH C22 - C30	mg/kg ts	580	1200	930	570
TPH (C30-C40)	mg/kg ts	730	1800	1500	750
TPH (summa C10 - C40)	mg/kg ts	1400	3200	2600	1500